动 物 学 研 究 2001, Aug. 22 (4): 287~291
Zoological Research
CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853

冷驯化对中缅树鼩产热能力的影响

张武先 王政昆 念永坤 徐伟江 姚 政
(云南师范大学生命科学学院 昆明 650092)

摘要：在 (5±1)℃条件下对中缅树鼩（*Tupaia belangeri*）进行低温胁迫处理（0~28 d），测定其冷驯化过程中的静止代谢率（RMR）、非颤抖性产热（NST_{max}）、冷诱导最大产热（CIRMR）、体重、体温等生理指标，探讨低温对中缅树鼩产热能力的影响。结果表明：①冷驯化期间中缅树鼩体重增加，体温降低，产热能力显著增强；②在冷驯化过程中，增加 RMR 和 CIRMR 是中缅树鼩抵抗低温胁迫的主要产热模式。

关键词：中缅树鼩；冷驯化；产热能力；体重
中图分类号：Q959.848，Q493.8 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2001)04-0287-06

低温是刺激小型哺乳动物产热能力增强的主要环境因子(Terry & Mitzi,1998)。冷驯化可显著刺激产热能力增强，其中最大非颤抖性产热(maximal nonshivering thermogenesis，NST_{max})显著增加(Gordon,1993)。NST_{max}可通过注射去甲肾上腺素(norepinephrine，NE)进行测定，冷诱导最大产热可通过低温胁迫得到。但低温胁迫对产热能力的影响比 NE 诱导更大(Heldmaier *et al*.,1982)。冷诱导最大产热在提高小型兽类低温耐受能力中可能具有重要作用(Sparti,1992;Tomasi & Gleit,1992)。

中缅树鼩(*Tupaia belangeri*)属东洋界典型小型哺乳动物，是树鼩科(Tupaiidae)中分布最北的一个种(彭燕章等,1991)，其产热能力可显示出温带动物的某些特征，如中缅树鼩的静止代谢率(resting metabolic rate，RMR)(王政昆等,1994)和非颤抖性产热能力表现出明显的季节性变化(王政昆等,1995a)，低温和光照周期均能刺激中缅树鼩产热能力增强(王政昆等,1995b,1999)，外源性褪黑激素(melatonin，MLT)也能导致中缅树鼩产热能力出现季节性变化(王政昆等,2000)。但是，迄今为止，关于中缅树鼩冷诱导最大产热的研究尚未见报道。为了进一步研究中缅树鼩在低温胁迫下的产热适应特征，我们测定了冷驯化期间中缅树鼩的冷诱导最大产热能力的各种指标，探讨冷诱导最大产热在个体冷适应产热中的作用，为阐明热带亚热带小型哺乳动物的产热特征和适应模式提供实验依据。

1 材料和方法

1.1 实验动物

中缅树鼩于 1999 年 2 月捕自昆明禄劝县灌丛(海拔 1 879 m)，实验用 26 只，雌雄各半。均为成年非繁殖个体。捕回后，分为对照组(0 d)与冷驯化组。对照组 10 只(5♀:5♂)，冷驯化组 16 只(8♀:8♂)。其中冷驯化组单笼饲养 3 d，即进行冷驯化[(5±1)℃]试验，光照为 12L:12D。冷驯化过程中均无巢材。

1.2 代谢率测定

耗氧量采用 Kalabuokhov-Skvortsov 封闭系统呼吸仪测定。RMR 具体测定步骤按 Grodzinski *et al*.(1975)方法进行，NST_{max}测定按 Jansky(1973)、王政昆等(1995a)进行。取对照(0 d)及冷驯化 7、14、21、28 d 的个体，每天上午和下午分别测定 RMR、NST_{max}及冷诱导静止代谢率(cold-induced resting metabolic rate，CIRMR)。测定 RMR 与 NST_{max}时，用恒温水浴装置使呼吸室温度维持在(25±0.5)℃；冷诱导静止代谢率采用 He-O_2 混合气体法进行。呼吸室先预冷至温度低于-5℃，呼吸室空气用 He-O_2 混合气体(79%He-21%O_2)充分置换后开始测

收稿日期：2000-10-07；修改稿收到日期：2001-04-11
基金项目：国家自然科学基金(39760019)、云南省自然科学基金(98C079M)、云南省政府省校合作基金资助项目

量 CIRMR。实验过程中，让中缅树鼩安静下来后，每5 min 记录1次耗氧量，每次测定时间不少于30 min。动物实验前后分别记录体重（精确到0.1 g）和体温（精确到0.1℃）。测量体温时，探头插入直肠3.0 cm，静止30 s左右（待温度显示数字稳定后）读数。

1.3 数据统计

采用SPSS9.0统计软件包及Sigmaplot5.0进行相关、回归和单因子方差分析，结果均以平均数±标准误表示。

2 结 果

2.1 冷驯化对体重、体温的影响

冷驯化7和14 d时，体重与对照组比较差异不显著。随着冷驯化时间延长，体重增加，到21、28 d时，体重显著增加8.7%（$P<0.05$、表1、图1）。冷驯化7 d后体温显著下降1.1℃（$P<0.01$）；随着冷驯化时间延长，体温回升，14 d时，体温上升0.5℃，与7 d比较，差异不显著；21 d时，体温再次下降，但与14 d相比，差异不显著；28 d时，与对照组相比体温平均降低了1.4℃，与14 d相比，降低0.4℃。

2.2 冷驯化对产热能力的影响

中缅树鼩产热能力受环境温度影响较大。RMR在冷驯化期间显著增加，冷驯化28 d后，RMR比对照组（0 d）增加87.9%（$P<0.01$）（图2），比体重预期率（$3.4\ W^{-0.25}$，Kleiber，1961）增加199.0%（图3）。

NST_{max}在冷驯化期间也显著增加。冷驯化28 d后，NST_{max}比对照组增加69.7%（$P<0.01$）（图2），为RMR的2.06倍（图4），与体重预期率（$30\ W^{-0.454}$，Heldmaier，1971）相比，变化不显著（图3）。

CIRMR在冷驯化期间显著增加。冷驯化28 d后，CIRMR比对照组增加32.5%（$P<0.01$）（图2），为RMR的3.95倍（图4），比体重预期率（$29.9\ W^{-0.32}$，Lenchner，1978）高68.1%（图3）。

表1 中缅树鼩冷驯化过程中产热特征的比较

Table 1 The comparison of thermogenetic character in tree shrews

	0 d（对照组）(control group)	7 d	14 d	21 d	28 d
体重/g（body mass）	129.5±3.4	127.6±2.9	133.1±4.4	137.0±2.5*	140.9±3.6*
体重预期值（predicted percent ratio of body mass）	123.2±5.1	138.9±8.9	141.4±10.4	154.6±6.9	168.1±6.8
体温（body temperature）/℃	38.2±0.1	37.2±0.3	37.6±0.1	37.2±0.3*	36.8±0.1*
RMR/$mLO_2\cdot(g\cdot h)^{-1}$	1.58±0.13	2.16±0.16*	2.25±0.18*	2.78±0.08**	2.97±0.34**
NST_{max}/$mLO_2\cdot(g\cdot h)^{-1}$	3.54±0.15	4.38±0.36	4.63±0.40	5.96±0.49**	6.01±0.94**
CIRMR/$mLO_2\cdot(g\cdot h)^{-1}$	7.79±0.37	8.82±0.67	8.86±0.67	9.35±0.43*	10.31±0.37**
NST_{max}/RMR	2.30±0.14	2.13±0.27	2.16±0.33	2.14±0.18	2.06±0.07
CIRMR/RMR	4.96±0.54	3.78±0.29	3.87±0.28	3.46±0.19	3.70±0.41

* $P<0.05$，** $P<0.01$。

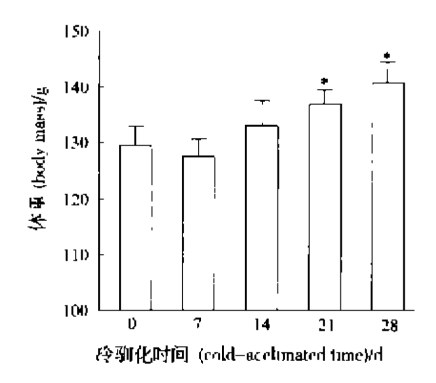


图1 冷驯化时间对中缅树鼩体重的影响

Fig.1 The effects of cold-acclimated time on body mass in tree shrews

* 冷驯化组与对照组差异显著（$P<0.05$）。

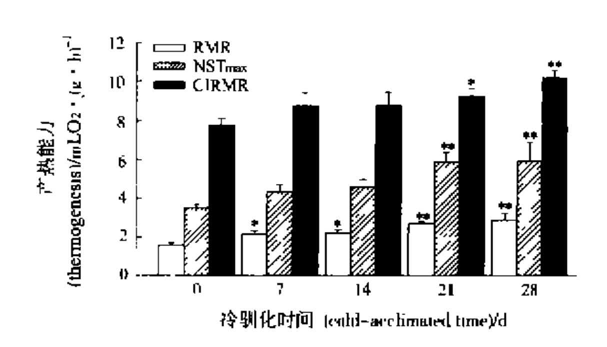


图2 冷驯化时间对中缅树鼩产热能力的影响

Fig.2 The effects of cold-acclimated time on the thermogenesis in tree shrews

* 冷驯化组与对照组差异显著（$P<0.05$）；

** 冷驯化组与对照组差异极显著（$P<0.01$）。

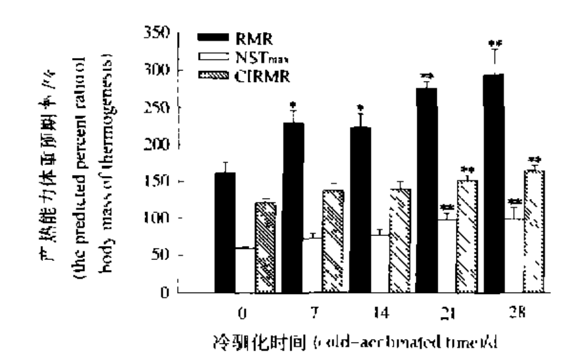


图 3 冷驯化时间对中缅树鼩产热能力体重预期率的影响

Fig.3 The effects of cold-acclimated time on the predicted percent ratio of body mass of thermogenesis in tree shrews

* 冷驯化组与对照组差异显著（$P<0.05$）；

** 冷驯化组与对照组差异极显著（$P<0.01$）。

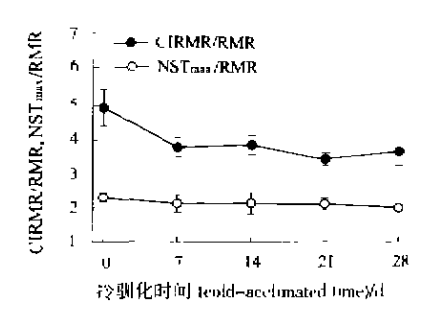


图 4 冷驯化时间对中缅树鼩 CIRMR/RMR、NST_{max}/RMR 的影响

Fig.4 The effects of cold-acclimated time on CIRMR/RMR and NST_{max}/RMR in tree shrews

3 讨 论

3.1 冷驯化与体重、体温调节的关系

在低温胁迫环境中，中缅树鼩体重增加，与其季节性变化（王政昆等，1994）和短光照周期（王政昆等，1999）的结果相似。在持续冷驯化过程中，中缅树鼩体重的变化模式与温带小型哺乳动物显著不同。如加氏䶄（*Clethrionomys gapperi*）（Merritt & Zeger, 1991）、黑线毛足鼠（*Phodopus sungorus*）（Tomothy *et al.*, 1985）等在受冬季低温胁迫时，体重显著降低。低温环境中，由于食物匮乏，降低体重有利于降低整体维持能消耗，这是温带小型哺乳动物在冬季提高生存能力的重要生理适应对策（Heldmaier *et al.*, 1989）。而中缅树鼩分布于热带亚热带地区，在受低温胁迫时，仍有比较充足的食物来补充能量消耗，因而体重反而增加。

冷驯化期间，中缅树鼩体温随冷驯化时间的延长而逐渐下降，与体温季节性变化结果相似（王政昆等，1994）。中缅树鼩的体温还表现出明显的昼夜变化节律，体温的昼夜变化幅度达到 5℃以上（Refinetti *et al.*, 1992, 1996）。这一特征对其抵抗夜间低温具有重要的适应意义（Refinetti *et al.*, 1992, 1996）。我们的结果也支持这一结论。在低温胁迫下，中缅树鼩可以通过降低体温来调节能量；同样，增加体重可导致热传导降低，低温适应能力增强。

3.2 冷驯化与产热能力的关系

增强产热能力是小型哺乳动物抵抗低温胁迫的一种重要生理适应对策（Haim & Izuake, 1993）。在冷胁迫环境中，小型哺乳动物可以通过提高 RMR、NST_{max} 和 CIRMR 来增强冷适应能力（Heldmaier *et al.*, 1989）。低温胁迫时间越长，产热能力越强。

3.2.1 RMR 大量研究结果表明，低温是刺激小型哺乳动物 RMR 增加的主要因子。黑田鼠（*Microtus agrestis*）在 10℃冷驯化 100 d 后，RMR 增加 52.2%（McDevitt & Speakman, 1994）；小家鼠（*Mus musculus*）在持续降低环境温度的情况下，RMR 持续上升，5℃时 RMR 比对照组增加 23%（Oufara *et al.*, 1987），当环境温度降到 −15℃时，RMR 增加超过对照组（23℃）50%（Konarzewski *et al.*, 1994）；黄喉姬鼠（*Apodemus flavicollis*）在 5℃驯化后 RMR 增加 45.0%，金色中仓鼠（*Mesocricetus auratus*）RMR 增加 33%（Heldmaier *et al.*, 1989）。我们的结果（冷驯化后 RMR 显著增加）也表明，低温是刺激中缅树鼩 RMR 增加的主要因子。但是与其他典型北方小型哺乳动物不同的是，低温刺激中缅树鼩 RMR 增加的程度较高。黑田鼠、小家鼠等均为典型北方小型哺乳动物，长期接受低温胁迫的影响，其 RMR 绝对值比中缅树鼩对照组（未冷驯化）高，但接受冷驯化后，RMR 增加程度却比中缅树鼩低，表明低温对小型哺乳动物 RMR 的影响与动物的地理分布有关。中缅树鼩对照组（未冷驯化）RMR 比体重预期率增加 62.0%；冷驯化 28 d 后，RMR 比体重预期率增加 199.0%，所以 RMR 在增强中缅树鼩抵抗低温胁迫能力中起着非常重要的作用。在冷驯化过程中，

RMR随冷驯化时间延长而逐渐增加,表明冷驯化时间也可能是刺激产热能力增强的有效因子。

3.2.2 NST_{max} 冷胁迫情况下,NST_{max}在提高小型哺乳动物产热能力方面具有重要作用(Jansky, 1973)。许多小型哺乳动物受到低温刺激时,NST_{max}都迅速增加(Heldmaier *et al*., 1989)。如根田鼠在5℃驯化3周后,NST_{max}比对照组(23℃)增加32%,比体重预期率高73.1%(王德华等,1996);黄喉姬鼠在5℃驯化后NST_{max}比体重预期率增加30.0%,金色中仓鼠比体重预期率增加76.0%(Heldmaier *et al*., 1989)。但是,中缅树鼩对照组NST_{max}体重预期率仅为60.8%;冷驯化28 d后,虽然NST_{max}也显著增加,达到101.7%,NST_{max}体重预期率仍然比上述典型的北方种类低。表明中缅树鼩NST_{max}在冷适应产热过程中的作用小于RMR。这与我们过去的研究结果(王政昆等,1995b)一致。

3.2.3 CIRMR CIRMR为小型哺乳动物在极限低温环境中的最大耗氧量(Hinds & Rice-WacMillen, 1992)。Bennett & Ruben(1979)在对内温动物的研究中,认为持续高水平能量消耗能促使静止代谢水平升高,且CIRMR和RMR之间存在极显著的相关性(Bennet & Ruben, 1979; Hinds & MacMillen, 1984; Hayes, 1989)。所以,具有较高的RMR可能伴随着较高的CIRMR水平。但是,Koteja(1987)通过对18种哺乳动物的研究,发现CIRMR和RMR并不存在相关性,并认为即使没有处于高水平RMR状态,也可以通过其他高水平能量利用和消耗途径来获得高水平的CIRMR。本研究中缅树鼩在冷驯化期间,RMR和CIRMR均显著增加,但是CIRMR增加的速率显著低于RMR,而且CIRMR和RMR呈显著正相关,支持前一种假说。小型哺乳动物的CIRMR可能由RMR乘以一个常数所得(Lechner, 1978; Tayler, 1982; Koteja, 1987, Biozinovic *et al*., 1989),但这个常数值多年来一直没有定论。Rosenman *et al*.(1975)在对红背䶄(*Clethrionomys rutilus*)的冬季研究中得出这个常数为8.1,McNab(1980)在对哺乳动物的研究中得出该常数为6.0;Hayes(1989)在拉白拉多白足鼠(*Peromyscus maniculatus*)中得出该常数为7.9~15.4;Bozinovic(1992)在对新热带区南美巴塔哥尼亚地区啮齿类的研究中得出该常数为3.7[加州白足鼠(*Peromyscus californicus*)]~11.9[山地沙鼠(*Eligmodontia typuspuerulus*)]。

本研究结果中,中缅树鼩在冷驯化28 d后该常数为3.7,对照组为4.9,比北方动物低,表明中缅树鼩通过增加CIRMR来增强低温耐受能力比北方动物低。分布于北方寒冷地区的大多数种类的CIRMR都比体重预期率高,如冷驯化后狐尾澳洲林鼠(*Conilurus penicillatus*)CIRMR比体重预期率增加28.2%(MacMillen & Hind, 1992),加州白足鼠CIRMR比体重预期率增加79.7%(Hulbert *et al*., 1985)。同时,因RMR增加速率比CIRMR大,CIRMR/RMR呈降低趋势,表明中缅树鼩在冷胁迫影响下,产热能力以增加RMR为主,以CIRMR为辅。另外,也从某种程度上反映了热带小型兽类的特征。因为中缅树鼩主要分布于亚洲热带亚热带地区,极端低温明显高于北方高纬度地区,在自然条件下低温胁迫较北方弱,这可能是导致其CIRMR较低的主要原因。

总之,低温刺激中缅树鼩后RMR、NST_{max}、CIRMR均显著增加,但RMR的增加速率最大,NST_{max}、CIRMR次之。这与北方小型兽类产热调节模式不同,增加RMR和NST_{max}是中缅树鼩在冷胁迫环境中的主要产热模式。这种适应对策与增加体重、降低体温来增强个体生存能力相适应。

参 考 文 献

Bennett A F, Ruben J A. 1979. Endothermy and activity in vertebrates [J]. *Science*, **206**: 649-654.

Bozinovic F, 1992. Scaling of basal and maximum metabolic rate in rodents and the aerobic capacity model for the evolution of endothermy [J]. *Physiol. Zool*., **65**(5): 921-932.

Gordon C J, 1993. Temperature Regulation in Laboratory Rodents [M]. London: Cambridge University Press. 1-276.

Grodzinski W, Klekowski R Z, Duncan A, 1975. Methods for Ecological Bioenergetics [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 309-313.

Haim A, Izuake I, 1993. The ecological significance of resting metabolic rate and non-shivering thermogenesis for rodents [J]. *J. Therm. Biol*., **18**(2): 71-81.

Hayes J P, 1989. Altitudinal and seasonal effects on aerobic metabolism of deer mice [J]. *J. Comp. Physiol*., **159B**: 453-459.

Heldmaier G, 1971 Zitterfreie warmebildung und korpe saugtieren [J]. *Z. Vergl. Physiol*., **73**: 222-248.

Heldmaier G, Steinlecher S, Rafael J, 1982. Nonshivering thermogenesis and cold resistance during seasonal acclimation in the Djungarian hamster [J]. *J. Comp. Physiol. B*., **149**: 1-9.

Heldmaier G, Steinlechner S, Ruf T *et al*, 1989. Photoperiod and thermoregulation in vertebrates: body temperature rhythm and thermogenesis acclimation [J] *J. Biol. Rhythm*., **4**: 251-265.

Hinds D S, MacMillen R E, 1984. Energy scaling in marsupials and het-

eromyid rodents[J]. *Physio. Zool.*, **58**: 282 - 298.

Hinds D S, Rice-Warner C N, 1992. Maximum metabolism and aerobic capacity in heteromyid and other rodents[J]. *Physiol. Zool.*, **65** (1): 188 - 214.

Hulbert A J, Hinds D S, MacMillen, 1985. Minimal metabolism, summit metabolism and plasma thyroxine in rodents from different environments[J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, **81A**: 687 - 693.

Jansky L, 1973. Nonshivering thermogenesis and its thermoregulatory significance[J]. *Biol. Rev.*, **48**: 85 - 132.

Konarzewski M, Diamond J, 1994. Peak sustained metabolic rate and its individual variation in cold stressed mice[J]. *Physiological Zoology*, **67**(5): 1186 - 1212.

Koteja P, 1987. On the relation between basal and maximum metabolic rate in mammals[J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, **87A**: 205 - 208.

Lechner A J, 1978. The scaling of maximal oxygen consumption and pulmonary dimension in small mammals[J]. *Respir. Physiol.*, **34**: 29 - 44.

MacMillen R D, Hinds D S, 1992. Standard, cold-induced metabolism of rodents and exercise-induced[A]. In: Thomasi T E, Horton T H. Mammalian Energetics[M]. Cornel University Press.

McDevitt R M, Speakman J R, 1994. Limits to sustainable metabolic rate during transient exposure to temperatures in short-tailed voles (*Microtus agrestis*)[J]. *Physiol. Zool.*, **67**(5): 1103 - 1116.

McNab B K, 1980. Food habits, energetics, and the population biology of mammals[J]. *Am. Nat.*, **116**: 106 - 124.

Merritt J F, Zeger D, 1991. Seasonal thermogenesis and body mass dynamics of clethrionomys gapper[J]. *Can. J. Zoology*, **69**: 2771 - 2777.

Oufara S, Barre H, Rouanet J L *et al*, 1987. Adaption to extreme ambient temperature in cold-acclimated gerbils and mice[J]. *Am. J. Physiol.*, **253**: R39 - R45.

Peng Y Z, Ye Z Z, Zhou R J *et al*, 1991. Biology of Tree Shrews[M]. Kunming: Yunnan Scientic and Technological Press. 1 - 12. [彭燕章, 叶智章, 邹如金等, 1991. 树鼩生物学. 昆明: 云南科技出版社. 1 - 12.]

Refinetti R, 1996. Comparison of the body temperature rhythms of diurnal and nocturnal rodents[J]. *The Journal of Experimental Zoology*, **275**: 67 - 70.

Refinetti R, Menaker M, 1992. Body temperature rhythm of the tree shrew, *Tupaia belangeri*[J]. *The Journal of Experimental Zoology*, **263**: 453 - 457.

Rosenman M, Morrison P R, Feist D, 1975. Seasonal changes in the metabolic capacity of red-backed voles[J]. *Physiol. Zool.*, **48**: 303 - 310.

Sparti A, 1992. Thermogenic capacity of shews (Mamalia, Soricidae) and its relationship with basal rate of metabolism[J]. *Physiol. Zool.*, **65** (1): 77 - 96.

Terry L D, Mitzi W A, 1998. Changes in gut capacity with location and cold-exposure in a species with low rates of energy use, the pine vole (*Microtus pinetorum*)[J]. *Physiol. Zool.*, **71**(6): 611 - 623.

Tomasi T E, Glen A S, 1992. The allometry of thyroxine utilization rates [A]. In: Tomasi T E, Horton T H. Mammalian Energetics[M]. New York: Comstock, Ithaca. 64 - 83.

Tomothy J B, Wade G N, 1985. Photoperiodic control of seasonal body weight cycles in hamsters[J]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, **9**: 599 - 612.

Wang D H, Sun R Y, Wang Z W *et al*, 1996. Adaptive thermogenic properties during cold exposure in root voles (*Microtus oeconomus*)[J]. *Acta Zool. Sin.*, **42**(4): 368 - 376. [王德华, 孙儒泳, 王祖望等, 1996. 根田鼠冷驯化过程中适应性产热特征. 动物学报, **42**(4): 368 - 376.]

Wang Z K, Sun R Y, Li Q F *et al*, 1994. Characteristics of the resting metabolic rate of the tree shrews[J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, **30**(3): 408 - 414. [王政昆, 孙儒泳, 李庆芬等, 1994. 中缅树鼩静止代谢率的研究. 北京师范大学学报(自然科学版), **30**(3): 408 - 414.]

Wang Z K, Sun R Y, Li Q F, 1995a. Research of the resting metabolic rate and body temperature in *Nycticebus pygmaeus*[J]. *Acta Zool. Sin.*, **41**(2): 149 - 157. [王政昆, 孙儒泳, 李庆芬, 1995a. 倭蜂猴静止代谢率和体温的研究. 动物学报, **41**(2): 149 - 157.]

Wang Z K, Sun R Y, Li Q F, 1995b. Characteristics of the nonshivering thermogenesis and cellular respiration in the tree shrews[J]. *Zool. Res.*, **16**(3): 239 - 248. [王政昆, 孙儒泳, 李庆芬, 1995b. 中缅树鼩的非颤抖性产热及细胞呼吸特征. 动物学研究, **16**(3): 239 - 248.]

Wang Z K, Li Q F, Sun R Y *et al*, 1999. Effects of photoperiod and temperature on thermogenesis in the tree shrews (*Tupaia belangeri*)[J]. *Acta Zool. Sin.*, **45**(3): 287 - 293. [王政昆, 李庆芬, 孙儒泳等, 1999. 光周期和温度对中缅树鼩产热能力的影响. 动物学报, **45**(3): 287 - 293.]

Wang Z K, Li Q F, Sun R Y, 2000. Effects of exogenous melatonin on the adaptive thermogenesis in tree shrews (*Tupaia belangeri*)[J]. *Acta Zool. Sin.*, **46**(2): 154 - 159. [王政昆, 李庆芬, 孙儒泳, 2000. 外源性褪黑激素对中缅树鼩适应性产热特征的影响. 动物学报, **46**(2): 154 - 159.]

The Effects of Cold Acclimation on Thermogenesis in Tree Shrews (*Tupaia belangeri*)

ZHANG Wu-Xian　WANG Zheng-Kun　NIAN Yong-Kun　XU Wei-Jiang　YAO Zheng

(*School of Life and Science, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China*)

Abstract: The resting metabolic rate (RMR), maximal non-shivering thermogenesis (NST_{max}), cold induced resting metabolic rate (CIRMR), body mass, body temperature of the tree shrews were measured. The results showed that the body mass and the capacity of heat production in the cold-acclimated groups were higher, and body temperature was lower than that in the control. The increase of RMR and CIRMR during cold acclimation was the main pattern of heat production in tree shrews.

Key words: *Tupaia belangeri*; Cold acclimation; Thermogenesis; Body mass